

高強度インターバル・トレーニング (HIIT) がトライアスリートの血管機能 およびパフォーマンスに及ぼす影響

学籍番号 1755008

氏名 生田目 颯

指導教員 (主) 大槻 毅

(副) 膳法 亜沙子

キーワード: ラン, スイム, 血管コンダクタンス, 血管抵抗, 動脈スティフネス

【緒言】

トライアスロンにおける国内のトップ選手と若手選手との差を明らかにするために, 持久系競技種目の成績を決定する重要な因子である有酸素性能力および心血管系着目した先行研究⁽¹⁾では, 日本代表選手は, 学生日本代表選手に比べて除脂肪体重, 有酸素性能力の絶対値, 左心室壁厚および重量が高値であった. これらの結果は, トレーニングおよび競技大会において, 日本代表選手は学生日本代表選手に比べて無酸素性運動負荷への暴露が大きいことを示唆するものであり, 「有酸素性能力トレーニングにより体重あたりの酸素利用能力を高い水準に維持した上で, 無酸素性トレーニングによって筋量・筋力を増大させることが, トライアスリートの競技力向上に有用である.」と考えられた.

トライアスロンの 3 種目 (スイム, バイク, ラン) で実施可能な無酸素性トレーニングの一つに, 高強度インターバル・トレーニング (High intensity interval training, HIIT) がある. HIIT は, 近年研究が盛んに行われており⁽²⁾. トライアスリートにおいても, ランの HIIT によるスイムおよびランの競技力向

上⁽³⁾, バイクの HIIT によるランの成績向上⁽⁴⁾, 3 種目の HIIT によるスイムとバイクの成績向上⁽⁵⁾が報告されている. しかし, これらの先行研究は, 非エリート・レベルのトライアスリートを対象としており, 競技力の高い選手に適応可能か否かは不明である. また, これらの先行研究ではスプリント・ディスタンス (スイム 0.75km, バイク 20 km, ラン 5 km) を想定した測定が行われており, オリンピック・ディスタンス (それぞれ 1.5 km, 40 km, 10 km) および日本トライアスロン連合認定記録会のスイム (0.4 km) におけるパフォーマンスを改善するか否かは不明である.

前述の検討課題に加えて, 先行研究⁽¹⁾では, ①心機能は評価したが, 心臓と相互作用的に血液循環機能を担う血管機能は評価しておらず, トライアスリートの心血管系の特性を十分に把握できなかった. また, ②トライアスリートの運動負荷試験にアップライト型の自転車エルゴメーターを用いており, 有酸素性能力を過小評価した可能性が残されている.

【目的】

本研究では, 主要な研究目的として, 「エリート・レベルのトライアスリート

においてもHIITは無酸素性能力のパワーおよび持久力を介して競技パフォーマンスを改善する」という仮説を検討することとした。また、副次的な研究目的として、トライアスリートと非鍛錬者との血管機能の比較、HIITが血管機能に及ぼす影響の検討、トライアスリートの運動負荷試験にアップライト型の自転車エルゴメーターを用いることの妥当性の検討も行う。これらの研究目的を達成するために、本研究では以下の研究課題を設定した。

(課題 1.1) トライアスリートの血管機能を非鍛錬者と比較する。

(課題 1.2) HIIT がトライアスリートの血管機能に及ぼす影響を検討する。

(課題 2) トライアスリートの運動負荷試験に用いるバイクについて検討する。

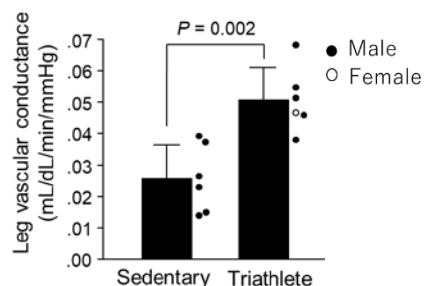
(課題 3) HIIT がラン (5 km, 10 km) およびスイム (0.4 km) のパフォーマンスに及ぼす影響をエリート・レベルのトライアスリートを対象に検討する。

【課題 1.1】

トライアスリートの血管機能の特性を明らかにするため、非鍛錬者 6 人およびトライアスリート 6 人を対象とし、脈波伝播速度、下腿血流量、血管コンダクタンス、血管抵抗を測定した。

脈波伝播速度に両群の有意差は認められなかった。この結果は、トライアスリートと非鍛錬者に動脈スティフネスの差異は無いことを示唆する。トライアスリートでは非鍛錬者に比べて、下腿の血流量および血管コンダクタンス (Fig. 1) は高い値を、血管抵抗は低い値を示した。これらのことから、トライアスリートは非鍛錬者に比べて血管網が発達しており

血液が循環しやすい下腿を有していると考えられる。このことが、トライアスリートが優れた持久性能力を有する一要因



なのかもしれない。

Fig.1. Leg vascular conductance in sedentary control men and triathletes. Bars are means \pm SD. Circles are individual values.

【課題 1.2】

トライアスリートの血管機能に HIIT が及ぼす影響を検討するため、トライアスリート 5 人に対して、先行研究⁽³⁾と同様のランによる 5 週間の HIIT を行わせた。ただし、本研究課題の分析対象は、HIIT の前後に測定を行うことが出来た 3 人である。動脈スティフネスの指標である脈波伝播速度は、HIIT により 3 人中 2 人で低下し、その効果量 (Effect size, ES) は 0.8 以上 (効果大) であった。すべての対象者で、HIIT により下腿の血流量および血管コンダクタンス (Fig. 2) は増大し、血管抵抗は低下した。これらの指標における ES は 0.8 以上 (効果大) であった。これらの結果により、HIIT はトライアスリートの動脈スティフネスおよび血管抵抗を低下させ、血流量および血管コンダクタンスを増大させることが示唆された。

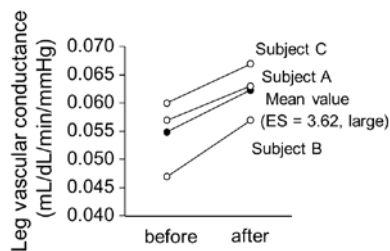


Fig.2. Leg vascular conductance before and after high intensity interval training (HIIT). ES, effect size.

【課題 2】

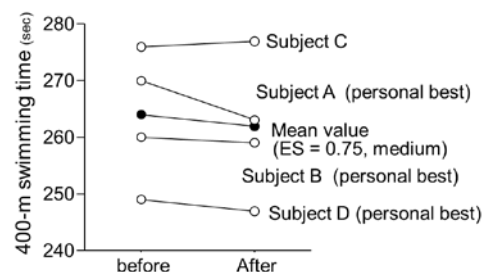
バイクを用いたトライアスリートの運動負荷試験の実施方法を検討するために、トライアスリート 5 人に、自転車エルゴメーターを用いた運動負荷試験とホーム・トレーナーおよびロードバイクを用いた運動負荷試験 2 回を、ランダムな順序で行わせた。エルゴメーター試行とロードバイク試行 1 回目の比較では、両試行で得られた最大酸素摂取量の間に有意差は認められず、両者間の変動係数は $4.9 \pm 5.5\%$ であった。ロードバイク試行の 1 回目と 2 回目の比較においても、最大酸素摂取量に試行間の有意差は認められておらず、変動係数は $3.4 \pm 2.4\%$ であった。このことから、アップライト型の自転車エルゴメーターにより測定したトライアスリートの最大酸素摂取量の値は妥当であることが示唆された。また、トライアスリートの運動負荷試験にロードバイクとホーム・トレーナーを用いることも可能だと考えられた。

【課題 3】

課題 3 では、HIIT がエリート・レベルのトライアスリートのパフォーマンスに及ぼす影響を検討する。対象者およびト

レーニング内容は、課題 1.2 と同様である。

スイムのタイム・トライアルは 4 人、それ以外の測定は 3 人の対象者で HIIT 前後の測定を行うことが出来た。4 人の対象者におけるトレーニングの実施率（計画されたランの回数に対する実施した回数の割合）は 40～69 % であった。10 km のランでは、3 人中 2 人がタイムを短縮し、ES は 0.8（効果大）を超えた。5 km のランでは、3 人中 2 人がタイムを短縮し、そ



のうち 1 人（対象者 B）の成績は自己新記録であった（Fig. 3）。

Fig.3. 5-km running time before and after high intensity interval training (HIIT). ES, effect size

また、平均値も改善し、ES は 0.5（効果中）であった。0.4 km のスイムでは、4 人中 3 人がタイムを短縮し、それらは全て自己新記録（Subject B, D）または自己タイ記録（Subject A）であった（Fig. 4）。

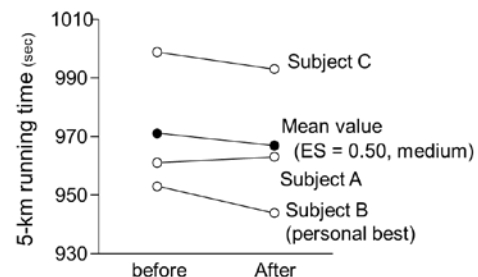


Fig.4. 400-m swimming time before and after high intensity interval training

(HIIT). ES, effect size.

また、平均値も改善し、ES は 0.5 を超えた。

ウィングート・テストにおける最高パワーおよび平均パワーは全ての対象者でトレーニング実施後に実施前より高い値を示し、平均値の ES は 0.8 (効果大) を超えた。

これらの結果は、エリート・レベルのトライアスリートにおいて、ランによる HIIT でランおよびスイムのパフォーマンスが改善する可能性を示唆する。その改善には、無酸素性パワーおよび無酸素性持久力の改善が関与する可能性が考えられた。

【総合討論】

課題 1.1 において、トライアスリートの最大酸素摂取量は非鍛錬者に比べて約 1.5 倍の大きさであった。測定にはアップライト型の自転車エルゴメーターを用いており、トライアスリートの有酸素性を過小評価している恐れもあった。しかし、課題 2 でアップライト型の自転車エルゴメーターによる値とロードバイクによる値は同等であることが示されており、ここで示された両者の差は妥当であると考えられた。

トライアスリートの下腿では非鍛錬者に比べて血管網が発達していた (課題 1.1) が、HIIT によりトライアスリートの血管コンダクタンスはさらに増大し (課題 1.2)、それと同時にランおよびスイムのパフォーマンスが改善した (課題 3)。恐らく、HIIT により血管網が発達し、酸素の供給能力が改善するなどして、パフォーマンスが改善したのだと考えられる。

また、課題 1.2 では、HIIT による動脈スティフネスの低下も認められた。このことも、心臓左心室後負荷の軽減を介してパフォーマンスを改善したかもしれない。もちろん、無酸素性能力の改善 (課題 3) も HIIT によるパフォーマンス改善に重要な役割を果たしたと考えられる。

非鍛錬者とトライアスリートとの血管機能の比較では、今後、女性だけ対象者での検討を行うことが必要である。HIIT は、脚の痛みが頻発してトレーニングの実施率が高いとは言えない水準であり、プロトコルの見直しが必要である。また、今後、トライアスロンをシミュレートした (スイム、バイク、ランを連続して行う) 運動負荷試験で HIIT の効果を検証することも必要である。

【結論】

HIIT はエリート・レベルのトライアスリートにおけるランおよびスイムのパフォーマンスを改善することが示唆された。これらには、動脈スティフネス増大による心負荷の軽減、血管コンダクタンス増大による筋血流量の改善、無酸素性能力の改善が関与する可能性が考えられた。

【引用文献】

- (1) 生田目, 大槻. 月刊トレーニングジャーナル 39: 22-26, 2017
- (2) Engel FA et al. Front Physiol. 27: 1012, 2018.
- (3) García-Pinillos F et al. J Strength Cond Res 31: 146-153, 2017.
- (4) Etxebarria N et al. Eur J Sport Sci. 14: 521-529, 2014.
- (5) Lee CL et al. J Sports Med Phys Fitness. 57: 319-329, 2017.